论双音编钟的音程组合

漆明镜

曾侯乙编钟出土至今已有二十多年，原本颇有争议的双音现象已得到公认，而遗留的课题仍待进一步考证。本文旨在探讨双音编钟的形成、音程类别、组合形式以及双音编钟音程组合形式的分析与比较。

一、双音编钟的形成

根据声学原理，钟为弯曲板振动体，当其呈合瓦形结构时则可以在受振时产生两种基频模式，因此，“双音”现象应该在合瓦形钟体形成初期就具备，如商代的编庸已具有‘一钟双音’①。

但是，即使存在这种物理现象，也不等于在它产生的初期就被人们所意识到，甚至运用于音乐实践。秦序在《先秦编钟‘双音’规律的发现与研究》一文中曾指出，“只有双音音程趋向一定，表现出明显的规律性，并有锉痕、鸟纹等旁证，才能确认它们属于音乐中存在的双音”②。而陈荃有在《中国青铜乐钟研究》一书中对于双音钟的产生时间及其判断准则有了更为详尽的叙述：“我国青铜乐钟合瓦形的板体结构始于乐钟的源头阶段，这种结构的出现一开始并非为一钟双音设置，当为演奏之便，规律性一钟双音的出现是先人在不断地发现、总结、探索中逐步形成的。……应该说，西周穆王时期不但是区分西周早中期的分界线，也是区分规律性双音钟的分界线……”③而判断一钟双音是否被科学的认识并有意识地投入音乐实践的标准，则有其‘外部现象’和‘内在的关键’：“西周阶段规律性双音钟的外部现象，一般是钟的内腔壁有调音设置或痕迹，外侧鼓部位则多饰以鸟纹、夔龙纹为主的动物纹饰；而内在的关键，是钟的正、侧鼓音高要符合一定的规律，音与音之间应具有规律性音程关系，共同组成的音列能够符合某种乐音体系。”④这也体现出从无到有的过程，古人在对双音规律的认识、探索、使用中，逐渐将其调试到最佳状态。因此，后文中所分析、比较之双音编钟的音程类别与组合形式均以西周穆王时期之后的编钟为实例。

二、双音编钟的音程类别

以曾侯乙编钟为例，其正鼓音和侧鼓音或成大三度关系，或成小三度关系。这种呈三度关系的音程不仅是我们对双音编钟的最初认识，在对其他编钟的测音以及重复测音中，三度关系的编钟也占据了主导地位。此外，根据测音数据所显示，还有一些其他的音程类别存在于多例出土编钟中⑤。

1. 小二度。此种情况较少，且多出现于音乐性能较差、发音情况不理想的出土编钟中，如山西曲沃北赵晋侯墓地 M93 出土的春秋初期编钟中，编号为 71 的 c^1-26（$^{\#}c^1$-3）⑥、编号为 73 的 c^1-18（$^{\#}c^1$+41）、编号为 69 的 $^{\#}g^1$-39（a^1±0）、编号为 76 的 $^{\#}c^2$-26（d^2+17）、编号为 77 的 $^{\#}g^2$-28（a^2+9）。这些音程关系虽都为小二度，但多为重复音高，可见此套编钟的音乐性确实较差。

2. 大二度。较小二度的情况常见，不但

① 测音数据可参见陈荃有《中国青铜乐钟研究》，上海音乐学院出版社 2005 年版，第 19—20 页。

② 原文刊于《中国音乐学》1990 年第 3 期，第 55—66 页。

③ 著同注①，第 42—44 页。

④ 同注①，第 45 页。

⑤ 下文中所举测音数据均转引自陈荃有《中国青铜乐钟研究》一书。

⑥ 括号内标记为侧鼓音，以下不再说明。

在多套编钟中时有出现，有时在同套编钟中所占的分量也较多，应在双音编钟的历史进程中，占有较为重要的地位，如河南省新郑市金城路出土的春秋中期编钟、编镈的第13号钟 g^2–6（a^2+25）、15号钟 e^2–10（$^\#f^2$+16）、19号钟 b^1–30（$^\#c^2$+10）和23号钟 g^1–24（a^1+15）；又如河南信阳出土的战国编钟中的第1—14号编钟 $^\#f^3$+37（$^\#g^3$+17）；再如重庆市涪陵地区小田溪战国土坑墓M1出土的编钟，其M1:84号编钟 $^\#c^2$+42（$^\#d^2$+48）等等。

3. 纯四度。纯四度的情况与前两者均不相同，它既在双音编钟的音程类别中不占主流，又不会在同一套编钟中密集的出现，通常某套编钟中只会偶有一钟出现双音为纯四度的现象，如有河南三门峡虢国墓地M2001出土的西周晚期编钟的第2号钟 $^\#c^1$–7（$^\#f^1$–31），以及山西闻喜县上郭村M210出土编钮钟的第1号钟 a^1+42（d^2+30）等。

4. 其他情况。只有个别编钟中才出现的偶然现象。如有河南三门峡虢国墓地M2009八件套编钮钟，其第2号钟 g^3+26（$^\#a^1$–26）的侧鼓音竟比正鼓音低近三个八度，其第4号钟 f^2–25（$^\#c^2$–39）的侧鼓音也比正鼓音低大三度；又有河南省徐家岭M10编镈，其第12号钟 $^\#g^1$–28（d^2–29）的双音关系为增四度；再有河南固始城关镇M1编镈，其第4号钟 d^1–31（b^1–30）的双音关系为大六度，其第5号钟 $^\#g^1$+6（d^2–10）的双音关系为增四度。

三、双音编钟的组合形式

通过上文中对双音编钟的音程类别的例举及粗浅的分析可知，除了大、小三度的音程组合外，大二度的音程类别较为多见，而小二度与其他音程类别则由于其发音不理想且分散、不集中、偶尔出现等因素，故不应作为一种“组合形式”考虑在内。至于纯四度，笔者认为其也不应归入规律性的“组合形式”，关于它的情形后文将会详细论述。

观察双音编钟的出现到发展成熟，其逐渐进步的轨迹则是从最初的由大二度或大三度向小三度组合形式发展的阶段，到全部小三度的组合形式阶段，最后到较为固定的大、小三度的混合组合阶段。

1. 双音钟出现的初期，其组合形式由大二度或大三度向小三度探索的阶段⑦：

表1

出土地点	文化期	器物标号	正鼓音	侧鼓音	音阶
河南平顶山北渡乡魏庄村	约西周中期穆王末期	0771	e^1+4	g^1+5	C均：角（徵）宫（角）羽（变宫）
		0770	c^2–26	e^2+35	
		0769	a^2+45	b^2+23	

2. 全部小三度的组合形式阶段⑧：

表2

出土地点	文化期	器物标号	正鼓音	侧鼓音	音阶
陕西扶风齐家村出土中义钟	西周后期前段制品	60.0.187	$^\#g$–23	相同	B均：羽、宫、角、（徵）
		60.0.182	b–0	相同	
		60.0.188	$^\#d^1$–48	$^\#f^1$–15	
		60.0.189	$^\#g^1$–41	b^1+14	
		60.0.183	$^\#d^2$–1	$^\#f^2$+16	
		60.0.184	$^\#g^2$–4	b^2+31	
		60.0.185	$^\#d^3$–2	$^\#f^3$+10	
		60.0.186	$^\#g^3$–45	b^3–20	

⑦ 同注①，第42页。

⑧ 同注①，第48—49页。

3.在发展到大、小三度混合组合之前,对于现今已出土的编钟,我们的测音数据已显示出一些不完全的大小三度混合的组合形式。如较早同时出现小三度与大三度混合的两例春秋早期的编钟,其中还各夹杂了一个纯四度音程[9]:

表 3

出土地点	器物标号	正鼓音	侧鼓音	备　　注	音　阶
山西闻喜上郭村 M210 编钮钟	1	a^1+42	d^2+30	首钟四度	C 均:羽、变宫、宫、商、角、变徵、(徵)、(清徵)。[10]
	2	b^1+15	哑		
	3	d^2+50	$^{\#}f^2+33$		
	4	$^{\#}d^2+96$	g^2+59	应记为 e^2-4 和 $^{\#}g^2-41$	
	5	f^2+68	$^{\#}g^2+53$	应记为 $^{\#}f^2-32$ 和 a^2-47	
	6	b^2+29	d^3+67	应记为 b^2+29 和 $^{\#}d^3-33$	
	7	e^3+54	g^3+38		
	8	$^{\#}f^3+42$	a^3+50		
	9	b^3+82	$^{\#}d^4+70$	应记为 c^4-18 和 e^4-30	
上郭村 M211 编钮钟	1	b^1+72	$^{\#}d^2+42$	应记为 c^2-28 和 $^{\#}d^2+42$	C 均:宫、(变商)、商、(清商)、清角、徵、清徵、羽、清羽、(变宫)。
	2	d^2+21	f^2+32		
	3	e^2+90	a^2+4	应记为 f^2-10 和 a^2+4	
	4	g^2+44	b^2+38		
	5	a^2+20	c^3+28		
	6	d^3+33	f^3+58		
	7	g^3+74	b^3+7	应记为 $^{\#}g^3-26$ 和 b^3+7	
	8	a^3+77	c^4+92	应记为 $^{\#}a^3-23$ 和 $^{\#}c^4-8$	
	9	$^{\#}c^4+78$	f^4+0	应记为 d^4-22 和 f^4+0	

但仔细比较一下它们中的纯四度双音,即 M210 中的第 1 号钟和 M211 中的第 3 号钟,便可看出一些问题。从前文所例举的'中义钟'已知,作为最低音的首钟与第二钟均未有纹饰显示其可以发出双音,测音数据也显示出它们的侧鼓音和正鼓音相同,这都表明了低音钟调校双音的相对困难性,而 M210 中的纯四度正是此例编钟的首钟,即使出现调音误差也绝非不可能。至于 M211 的第 3 号钟,其正鼓音的测音数据为 e^2+90,应记为 f^2-10 更为确切,至少在听觉上,其正鼓音与侧鼓音的音程感实质应是大三度。由此可见,测音结果的记录在很多时候会因为附和音阶等原因而有失偏颇,譬如 M210 中的第 4、5、6、9 号钟以及 M211 中的第 1、3、7、8、9 号钟,这种记录的不精确对于双音的研究会造成一定的误导。此外,M211 中第 6 号钟的情况也有其特殊性,笔者在表 3 中未将其侧鼓音 f^3+58 改为 $^{\#}f^3-42$,原因是其正鼓音为 d^3+33,两音向同方向增加音分,则实际音程感觉更符合小三度。诸如这种情况在多例编钟中均有体现,如江苏丹徒大港春秋晚期吴国贵族墓七编列钮钟也有类似状况[11]。对于此类不完全的大、小三度混合的组合形式,笔者认为仍应归属于其总体趋势,即大、小三度混合组织形式。

4. 大、小三度混合的组合形式,以处于青铜乐钟繁盛时代的曾侯乙编钟为代表,此处

⑨ 同注①,第 72 页。
⑩ 按照修改后的音高排列音阶,以下不再说明。
⑪ 同注①,第 79 页。

不赘述。可确定的是，这种组合形式是逐步发展的结果，应凝结了更先进、更为科学的因素。

四、双音编钟的音程组合分析

曾侯乙编钟以大、小三度混合组合为主，是有其实验性和发展性的。试以 C 音为正鼓音，而其侧鼓音均为大三度，则构成完整的十二律至少需要 8 件钟：

（大三度）

侧鼓音	E	#F	#G	A	#A	B	#c	#d
正鼓音	C	D	E	F	#F	G	A	B

若全部以小三度或混合大小三度组合，则构成完整的十二律只需要 6 件钟：

（小三度）

侧鼓音	#D	F	G	A	B	#c
正鼓音	C	D	E	#F	#G	#A

（混合大小三度）

侧鼓音	#D	F	#G	#A	B	#c
正鼓音	C	D	E	#F	G	A

由此得到的最直观的结论即是：

（一）在三种组合方式中，后两种组合较之全部由大三度的组合，更节省铜材，而这一点对于当时的社会尤为重要。一来由于青铜在当时作为一种贵金属，直接关系到一个国家的经济命脉；二来与音乐的发展息息相关，相比于等级制度森严、对用乐的“度”严格控制的西周时代，随着东周的礼崩乐坏，各国诸侯对于音乐有了奢求，或说开始追求更多的新鲜音。譬如西周中、晚期的河南平顶山市北渡乡魏庄村出土编钟“中义钟”⑫，均以角、徵、羽、宫四声为其核心音阶，甚至连商音都没有出现，而到徐家岭 M10 出土编钟⑬时，就已经有羽、清羽、变宫、宫、商（清商）、角、变徵、徵、变羽十律了。因而，用更少的材料铸出更多的钟音至关重要。

（二）虽然小三度的组合也可以在六钟内实现十二律齐全，但其正鼓音则不能构成完整的五声音阶。这一点不但可从曾侯乙编钟的上层二组和上层三组钮钟中看出（详情后述），从西周到战国的编钟中也都有体现。在上文所举诸例编钟的测音数据及其音阶排列表中就可看到，除去括号中的侧鼓音，正鼓音部分多为正声；反之，括号中的侧鼓音多为变音。再以河南信阳编钟为例⑭，若以 B 均而论，其音阶为宫（变商）、商、清商、角（变徵）、徵、羽（清羽）、变宫；而若以 #F 均而论，则其音阶为清角（变徵）、徵、清徵、羽（变宫）、宫、商（清商）角。

这暗示我们：其一，正鼓音所占的地位更为重要，或说其使用频率更高；其二，实际演奏中减免了正、侧鼓部位频繁交替演奏的麻烦；其三，同一乐曲中转调的机会较少。

因此，大、小三度混合的组合方式不仅比全部由大三度的组合更节铜材，而且比全部由小三度的组合更方便于演奏。这种混合组合方式在曾侯乙编钟的中下层中都可以找到其使用的痕迹，并且通常是四个大三度与两个小三度的组合：

姑洗均（C）

中层二组⑮：

出土编号：	12	11	10	9	8	7
侧鼓音：	f^1	$^\#g^1$	$^\#a^1$	b^1	$^\#c^2$	$^\#d^2$
正鼓音：	d^1	e^1	$^\#f^1$	g^1	a^1	c^2

中层二组剩下的 6 件编钟没有再使用这种组合，而是简化了这种组合，由正、侧鼓音组成六声音阶，可演奏 C、F 两调的五声音阶，并将音域扩展了近两个八度。

中层一组与中层二组的音高基本一致，遂不复述。但由于两者相比，中层一组刚好少了二组的第 10 号编钟，即 $^\#f^1$（$^\#a^1$），故无法在

⑫ 其具体数据请见表 1、表 2。
⑬ 同注①，第 77 页。
⑭ 同注①，第 94 页。
⑮ 中层二组第 10 号钟与 11 号钟位置被挂反，此处按修正后的位置组合。

六钟之内构成完整的十二律，关于其可能产生的原因将于后文叙述。现再看下层编钟与中层三组编钟：

姑洗均(C)	下层一组			下层二组									
出土编号：	1	2	3	10	9	8	7	(6)	5	4	3	2	1
侧鼓音：	(#C)	#D	F	F	#G	B	#c	(#d)	#d	f	#g	#a	b
正鼓音：	(A_1)	C	D	D	E	G	A	(B)	c	d	e	#f	g

下层二组框内的第6钟很值得思考：若不考虑由于楚王赐赠的镈钟所带来的秩序错乱[16]，按其原始面貌组合，则下层二组第6号编钟应为B(#d)，由此可得知：

（一）以四个大三度和两个小三度搭配的六钟可得到完整的十二律，而多余的钟会发出与其他钟相重复的音；

（二）原本组合在这里的6号钟看似多余，其音高与其他钟(8号和5号)相重复，但也可由此再次强调上文所述，在当时的使用中，正鼓音的使用频率要比侧鼓音多，所以A后的B音显得很有必要。

此外，下层二组中方框外的三钟(8、9、10)均为4号、3号、1号的低八度音，但如果与下层一组的三钟相涵接，则仅差#F(#A)一钟便能构成与框内一致的十二律组合。不仅如此，中层三组亦需要配合部分下层二组的1、2、3号编钟才能构成完整的十二律：

姑洗均(C)

中层三组：

出土编号：	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
侧鼓音：	b	#c^1	#d^1	f^1	g^1	c^2	f^2	g^2	#a^2	c^3
正鼓音：	g	a	c^1	d^1	e^1	a^1	d^2	e^2	#f^2	a^2

如果单独分析中层三组，则可发现它除了第6钟的侧鼓音是g^1而非#g^1外，还少了#f^1(#a^1)一钟，恰与中层一组的情况类似。但是观察其下层和中层二组的情况，这种“不圆满”不应该是认识的不足或制作水平上的局限。因此，关于这种十二律组合不完全的原因，我们有理由得出这样的推论：

（一）实际演奏单一调高时所需要的音并不多，更多时候都在使用五声音阶。这可以从各组的正鼓音中看出，g、a、c、d、e、g、a几乎都是五声音阶组合。此外，在中层编钟的高音部分也可以看出，倘若真有那么多七声音阶需要演奏，那么为何在小字一组以上的编钟无法构成七声音阶？

（二）中一、中二与中三组没有构成完整的十二律只是一个缩影。上、下三层编钟中，每一组编钟最多只有一个八度内十二律俱全：

1. 如前文所述，下层一、二组编钟即使组合起来构成两个八度的十二律还缺#F(#A)一钟，即使加上中层三组也无济于事；

2. 中层前文已详述，最多只有一个八度内的十二律俱全；

3. 上层每组若单独看则没有一组能构成完整的十二律，唯有将以无射均标出音高的[17]，都是小三度音程的二、三组拼在一起才能构成一个完整的十二律，但是若要构成两个八度内的十二律，则情况与下层相同，缺#f^3(#a^3)一钟

⑯ 此表未将镈钟计算在内，依旧按原始顺序组合。

⑰ 原铭文中上层钮钟并未给出关于其均的详细铭文，只有声名与个别律名。此处根据铭文提供的信息，用无射均为基准给出音高，但若仔细对比其音高则不难发现，这之中未必只有一种均存在的可能。

(即无射均宫钟)[18]。

这些事实都向我们表明，先秦时期对于十二律已有完整、清晰的认识，并能在音乐实践中运用。但是，这种一个八度内的十二律组合并不能构成真正意义上“十二律还相为宫”的旋宫转调。这或许说明，在当时的音乐生活中，基于各种主、客观理由，“十二律还相为宫”的理论意义大于其实际演奏意义。因此，构成连续的十二律俱全的编钟组合，也没有成为一种必然的事实。

因此，为了填补这种空白，为了便于现代人使用编钟演奏音乐，故将曾侯乙编钟中的理想组合泛化：用最少数量的钟，按音域的高中低组合成套，以达到演奏几个八度内连续的十二律俱全的旋宫转调。

1. 低音区 A_1—a:13 钟，由两人分别司 6 钟或 7 钟，持木棒敲奏。

一人司最低(亦最大)的 6 钟　　另一人司余下 7 钟

侧鼓音	$^{\#}C$	$^{\#}D$	F	$^{\#}G$	$^{\#}A$	B	$^{\#}c$	$^{\#}d$	f	$^{\#}g$	$^{\#}a$	b	$^{\#}c^{1}$
正鼓音	A_1	C	D	E	$^{\#}F$	G	A	c	d	e	$^{\#}f$	g	a

2. 中音区 a — a^{1}:7 钟，由一人持钟槌敲奏。

侧鼓音	$^{\#}c^{1}$	$^{\#}d^{1}$	f^{1}	$^{\#}g^{1}$	$^{\#}a^{1}$	b^{1}	$^{\#}c^{2}$
正鼓音	a	c^{1}	d^{1}	e^{1}	$^{\#}f^{1}$	g^{1}	a^{1}

3. 高音区 a^{1} — a^{3}($^{\#}c^{4}$ 或 c^{4}):13 钟，由一人持钟槌敲奏。

侧鼓音	$^{\#}c^{2}$	$^{\#}d^{2}$	f^{2}	$^{\#}g^{2}$	$^{\#}a^{2}$	b^{2}	$^{\#}c^{3}$	$^{\#}d^{3}$	f^{3}	$^{\#}g^{3}$	$^{\#}a^{3}$	b^{3}	$^{\#}c/c^{4}$
正鼓音	a^{1}	c^{2}	d^{2}	e^{2}	$^{\#}f^{2}$	g^{2}	a^{2}	c^{3}	d^{3}	e^{3}	$^{\#}f^{3}$	g^{3}	a^{3}

这样组织组合的编钟，其灵感来源于两千四百余年前的遗产。其可实践的意义大于实践本身，并且在制作工艺上，既非空耗资源，也非无法付诸实践。如本文所述，这样编排的编钟不但可达几个八度连续的十二律俱全，而且可使十二律任意“还相为宫”，这在现代音乐生活中，开启了一扇可与其他各类乐器合奏的方便之门。此外，在实际的演奏中，这 33 件编钟既可以同时演奏较大型的乐曲，也可以根据需要分套演奏，譬如在一些小型的舞台演出中，可单独使用高音区的 13 件体积玲珑的编钟进行演奏。

作者单位：上海音乐学院在读硕士生

⑱ 参看李淑芬《从乐律铭文看曾侯乙编钟的构成》，《音乐艺术》1999 年第 3 期，第 4 页。

名派名家名段歌唱系列

《言派唱腔琴谱集》
编著：张伟品、吴焕　顾问：宋湛清　记谱：周贝来
定价：53.00 元(赠原声 CD1 张)

《梅派唱腔琴谱集》
编著：储晓梅　顾问：梅葆玖、吴迎
定价：30.00 元(卷上)　33.00 元(卷下)

《张派唱腔琴谱集》
编著：张建民　定价：35.00 元

人民音乐出版社出版发行